

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IFW

Applicant(s): Yukoh IWASAKI

Serial No.: 10/809,262

Filed: March 25, 2004

For: CURRENT-TO-VOLTAGE CONVERTING APPARATUS
AND IMPEDANCE MEASURING APPARATUS

Examiner: Not Yet Assigned

Art Unit: 2817

Confirmation No.: 6933

Attorney Docket: 40030046-02

Customer No.: 27,623

COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

**REQUEST FOR ENTRY OF PRIORITY CLAIM
AND SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

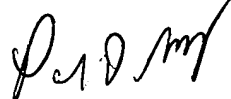
Dear Sir:

Applicant hereby requests that a priority claim under 35 U.S.C. §119 be entered in the above-identified application as follows: Japanese Application No. **2003-113733** filed **April 18, 2003**, for the above noted application.

We are also enclosing a certified copy of the priority document; Japanese Application No. **2003-113733** filed **April 18, 2003**, for filing in the above noted application.

It is respectfully requested that this application be passed to allowance.

Respectfully submitted,



Date: June 1, 2005

Paul D. Greeley, Esq.
Attorney for Applicants
Registration No. 31, 019
Ohlandt, Greeley, Ruggiero & Perle, L.L.P.
One Landmark Square, 10th Floor
Stamford, Connecticut 06901-2682
Telephone: (203) 327-4500
Telefax: (203) 327-6401

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日 2003年 4月18日
Date of Application:

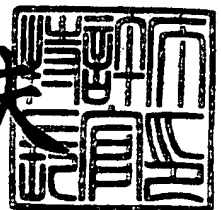
出願番号 特願2003-113733
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-113733]

願人 アジレント・テクノロジーズ・インク
Applicant(s):

2004年 5月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

出証番号 出証特2004-3021710

【書類名】 特許願

【整理番号】 40030046

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01R 27/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都八王子市高倉町 9 番 1 号 アジレント・テクノロ
 ジー株式会社内

 【氏名】 岩▲崎▼ 裕行

【特許出願人】

 【識別番号】 000121914

 【氏名又は名称】 アジレント・テクノロジー株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100105913

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 加藤 公久

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 042745

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 0200972

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書**【発明の名称】 電流電圧変換器およびインピーダンス測定装置****【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

信号源に接続される第一の端子を有する素子または回路に接続される電流電圧変換器であって、

前記素子または前記回路の第二の端子に接続され、前記第二の端子を仮想接地するとともに、前記素子または前記回路に流れる電流信号を電圧信号に変換して出力する帰還増幅器と、

前記帰還増幅器の帰還ループを開放し、前記帰還ループの一巡損失を測定する手段と、

前記一巡損失を補償する補償増幅器と、
を備えることを特徴とする電流電圧変換器。

【請求項 2】

さらに、前記帰還ループの開放時に、前記帰還ループの一巡位相推移を測定する手段と、

前記一巡位相推移を所定値になるよう制御する制御手段と、
を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の電流電圧変換器。

【請求項 3】

前記帰還ループを開放する時または前記帰還ループの一巡損失を測定する時、前記信号源の出力を零または直流信号となるように制御することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の電流電圧変換器。

【請求項 4】

前記帰還増幅器は、変調形の狭帯域増幅器を備え、
前記狭帯域増幅器は、位相検波器とフィルタとベクトル変調器とを具備する、
ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の電流電圧変換器。

【請求項 5】

前記補償増幅器は、前記位相検波器と前記ベクトル変調器との間に備えられる

ことを特徴とする請求項 4 に記載の電流電圧変換器。

【請求項 6】

前記制御手段は、前記位相検波器に印加される信号と前記ベクトル変調器に印加される信号との位相差を制御する、

ことを特徴とする請求項 4 または請求項 5 に記載の電流電圧変換器。

【請求項 7】

前記帰還ループの開放は、前記位相検波器と前記ベクトル変調器との間を開放して行われる、

ことを特徴とする請求項 4 乃至 6 のいずれかに記載の電流電圧変換器。

【請求項 8】

前記帰還増幅器は、零位検出器と帰還回路とをさらに備え、
前記零位検出器は、前記第二の端子に接続され、入力される電流信号を零位検出器により電圧信号に変換し、
前記狭帯域増幅器は、前記変換された電圧信号を前記位相検波器により同相成分と直交成分に分解し、前記同相成分と前記直交成分をそれぞれ前記フィルタにより濾波し、前記濾波された同相成分と前記濾波された直交成分を前記ベクトル変調器でベクトル変調して、ベクトル電圧信号を出力し、

前記帰還回路は、前記ベクトル信号を前記零位検出器へ入力する、

ことを特徴とする請求項 4 乃至 7 のいずれかに記載の電流電圧変換器。

【請求項 9】

前記素子または前記回路は、容量性素子または容量性回路である、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の電流電圧変換器。

【請求項 10】

被測定物の第一の端子に接続される信号源と、

前記被測定物の第二の端子に接続され、前記第二の端子を仮想接地するとともに、前記被測定物に流れる電流信号を電圧信号に変換して出力する帰還増幅器と

、
前記帰還増幅器の帰還ループを開放し、前記帰還ループの一巡損失を測定する手段と、

前記一巡損失を補償する補償増幅器と、
前記第一の端子と前記第二の端子との間の電圧信号と、前記帰還増幅器の出力
信号とのベクトル電圧比を測定する手段とを備え、
前記ベクトル電圧比から前記被測定物のインピーダンスを測定する、
ことを特徴とするインピーダンス測定装置。

【請求項 1 1】

さらに、前記帰還ループの開放時に前記帰還ループの一巡位相推移を測定する
手段と、

前記一巡位相推移を所定値になるよう制御する制御手段と、
を備えることを特徴とする請求項 1 0 に記載のインピーダンス測定装置。

【請求項 1 2】

前記帰還ループの一巡損失を測定する時または前記帰還ループを開放する時、
前記信号源の出力を零または直流信号となるように制御することを特徴とする請
求項 1 0 または請求項 1 1 に記載のインピーダンス測定装置。

【請求項 1 3】

前記帰還増幅器は、変調形の狭帯域増幅器を備え、
前記狭帯域増幅器は、位相検波器とフィルタとベクトル変調器とを具備する、
ことを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 2 のいずれかに記載のインピーダンス測定
装置。

【請求項 1 4】

前記補償増幅器は、前記位相検波器と前記ベクトル変調器との間に備えられる
、
ことを特徴とする請求項 1 3 に記載のインピーダンス測定装置。

【請求項 1 5】

前記制御手段は、前記位相検波器に印加される信号と前記ベクトル変調器に印
加される信号との位相差を制御する、
ことを特徴とする請求項 1 3 または請求項 1 4 に記載のインピーダンス測定装
置。

【請求項 1 6】

前記帰還ループの開放は、前記位相検波器と前記ベクトル変調器との間を開放して行われる、

ことを特徴とする請求項 13 乃至 15 のいずれかに記載のインピーダンス測定装置。

【請求項 17】

前記帰還増幅器は、零位検出器と帰還回路とをさらに備え、
前記零位検出器は、前記第二の端子に接続され、入力される電流信号を零位検出器により電圧信号に変換し、
前記狭帯域増幅器は、前記変換された電圧信号を前記位相検波器により同相成分と直交成分に分解し、前記同相成分と前記直交成分をそれぞれ前記フィルタにより濾波し、前記濾波された同相成分と前記濾波された直交成分を前記ベクトル変調器でベクトル変調して、ベクトル電圧信号を出力し、

前記帰還回路は、前記ベクトル信号を前記零位検出器へ入力する、

ことを特徴とする請求項 13 乃至 16 のいずれかに記載のインピーダンス測定装置。

【請求項 18】

前記被測定物は、容量性素子または容量性回路である、

ことを特徴とする請求項 10 乃至 17 のいずれかに記載のインピーダンス測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はインピーダンス測定装置に係り、特に、高速測定が可能なインピーダンス測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

インピーダンス測定装置の先行技術例として、自動平衡ブリッジ法によるインピーダンス測定装置がある。自動平衡ブリッジ法によるインピーダンス測定装置は、広い測定周波数範囲をカバーし、また、広いインピーダンス測定範囲で測定

確度が良いことを特徴とする（例えば、特許文献1を参照。）。

【0003】

以下に、自動平衡ブリッジ法によるインピーダンス装置の内部構成と動作について説明する。図1は、自動平衡ブリッジ法によるインピーダンス装置の内部構成を示す図である。図1において、インピーダンス測定装置10は、被測定物100のインピーダンスを測定するために、信号源200と、電流電圧変換器300とベクトル電圧計400とを備える。インピーダンス測定装置10は、装置全体がCPUなどの演算制御装置CTRL₁（不図示）の制御により動作する。

【0004】

被測定物100は、2端子を有する素子または回路である。被測定物100は、端子を少なくとも2つ有していれば良いので、3以上の端子を有する素子または回路などであっても良い。その場合、3以上の端子のうち2つが測定に用いられる。被測定物100は、図1中において「DUT」と表示する。図1において、被測定物100とケーブル510とケーブル520とが接続される点を、High端子と称する。また、被測定物100とケーブル530とケーブル540とが接続される点を、Low端子と称する。

【0005】

信号源200は、ケーブル510を介して被測定物100の第一の端子に接続され、被測定物100に印加する測定信号を発生する信号源である。また、信号源200は、ケーブル510、ケーブル520およびバッファ550を介してベクトル電圧計400にも接続され、測定信号をベクトル電圧計400に供給する。測定信号は、単一正弦波信号とする。しかし、測定信号は、単一正弦波信号に限定されず、複数の正弦波を含む信号であっても良い。

【0006】

電流電圧変換器300は、被測定物100に流れる電流を変換して電圧信号をバッファ560へ出力するものである。電流電圧変換器300は、零位検出器310と、狭帯域増幅器600と、バッファ320と、レンジ抵抗器330とを備える。ケーブル530、零位検出器310、狭帯域増幅器600、バッファ320、レンジ抵抗器330、および、ケーブル540は、負帰還ループ340を形

成している。

【0007】

零位検出器 310 は、レンジ抵抗器 330 に流れる電流と被測定物 100 に流れる電流とを平衡させて、ケーブル 530 を介して零位検出器 310 の入力端子に流れ込む電流を零にするような信号を狭帯域増幅器 600 へ出力する。レンジ抵抗器 330 に流れる電流と被測定物 100 に流れる電流とが平衡する時、Low 端子の電圧は仮想接地される。

【0008】

ここで、図 2 を参照する。図 2 は、狭帯域増幅器 600 の内部構成を示す図である。狭帯域増幅器 600 は、位相検波器 610 と、フィルタ 620 およびフィルタ 630 と、ベクトル変調器 640 とを備え、零位検出器 310 の出力信号を増幅してバッファ 320 へ出力する。狭帯域増幅器 600 は、零位検出器 310 の出力信号を位相検波器 610 により同相成分と直交成分とに分解し、同相成分および直交成分をフィルタ 620 およびフィルタ 630 により濾波し、濾波された同相成分および直交成分をベクトル変調器 640 により変調し、ベクトル変調電圧信号をバッファ 320 へ供給する。

【0009】

位相検波器 610 は、混合器 611 および混合器 612 と、信号源 613 および信号源 614 とを備える。信号源 613 は、正弦波信号を発生し混合器 611 へ供給する。また、信号源 614 は、余弦波信号を発生し混合器 612 へ供給する。信号源 613 が出力する正弦波信号と信号源 614 が出力する余弦波信号は、測定信号と同一の周波数を有し、互いに直交する。従って、混合器 611 と混合器 612 は、零位検出器 310 の出力信号を同相成分と直交成分とに直交分解することができる。

【0010】

フィルタ 620 は、抵抗器 621 と増幅器 622 とコンデンサ 623 とを具備する積分器であって、混合器 611 の出力信号を積分する。フィルタ 630 は、抵抗器 631 と増幅器 632 とコンデンサ 633 とを具備する積分器であって、混合器 612 の出力信号を積分する。

【0011】

ベクトル変調器 640 は、混合器 641 および混合器 642 と、信号源 643 および信号源 644 と、加算器 645 とを備える。信号源 643 は、正弦波信号を発生し混合器 641 へ供給する。また、信号源 644 は、余弦波信号を発生し混合器 642 へ供給する。信号源 643 が出力する正弦波信号と信号源 644 が出力する余弦波信号は、測定信号と同一の周波数を有し、互いに直交する。混合器 641 は、信号源 643 から出力される正弦波信号をフィルタ 620 の出力信号で変調し出力する。混合器 642 は、信号源 644 から出力される余弦波信号をフィルタ 630 の出力信号で変調し出力する。混合器 641 から出力される電圧信号と混合器 642 から出力される電圧信号は、加算器 645 により加算され、バッファ 320 へ出力される。

【0012】

再び、図 1 を参照する。ベクトル電圧計 400 は、バッファ 550 の出力信号 E_{dut} およびバッファ 560 の出力信号 E_{rr} をそれぞれ測定する。制御装置 $CTRL_1$ は、測定された信号 E_{dut} と信号 E_{rr} とのベクトル比を計算し、さらに、計算したベクトル比とレンジ抵抗器 330 の抵抗値とから被測定物 100 のインピーダンスを算出する。

【0013】

ところで、MOS デバイスの製造における重要な測定項目の 1 つに、ゲート酸化膜厚の測定がある。ゲート酸化膜厚は、MOS 型デバイスの動作閾値を決定付ける重要なパラメータである。ゲート酸化膜厚は、MOS デバイスのインピーダンスを測定し、インピーダンス測定値から容量値を算出し、算出した容量値から誘電率を介して酸化膜厚へ等価換算する事により測定される。

【0014】

従来のインピーダンス測定装置 10 を用いて、半導体ウェハ上上の MOS デバイスを測定する場合、インピーダンス測定装置 10 と被測定物 100 との間には、スイッチ・マトリックス、チャックおよびプローブカードなどからなるウェハーインターフェース装置が付加される。ウェハーインターフェース装置は、被測定物 100 よりも大きな対地容量を有する。また、これらのウェハーインターフ

エース装置とインピーダンス測定装置 1 0 との間を接続するケーブル 5 1 0、ケーブル 5 2 0、ケーブル 5 3 0 およびケーブル 5 4 0 は、比較的長く、やはり大きな対地容量を有する。以下、ケーブル 5 1 0、ケーブル 5 2 0、ケーブル 5 3 0 およびケーブル 5 4 0 を、ケーブル 5 1 0 などと称する。図 3 は、図 1 に上記の対地容量を付加された図である。図 3 において、 $C_{c a b l e}$ はケーブル 5 1 0 などの総対地容量である。また、 $C_{w i n f}$ は、ウェハーインターフェース装置の対地容量である。ウェハーインターフェース装置の対地容量は、スイッチ・マトリックスの対地容量、チャックの対地容量およびプローブカードの対地容量を含む。

【0 0 1 5】

【特許文献 1】

特開平 3 - 6 1 8 6 3 号公報（第 1 頁、第 1 図、第 3 図）

【0 0 1 6】

【発明が解決しようとする課題】

従来のインピーダンス測定装置 1 0 は、測定的高速化において、2 つの問題がある。1 つ目の問題は、 $L o w$ 端子に大きな対地容量が付加される場合、電流電圧変換器 3 0 0 が整定するまでの時間が長くなることである。電流電圧変換器 3 0 0 が整定するまでの時間が長くなれば、レンジ抵抗器 3 3 0 に流れる電流と被測定物 1 0 0 に流れる電流とが平衡するまでの時間が長くなり、測定開始までの待ち時間を増加させる。半導体ウェハー上の MOS デバイスの容量を測定する場合、上記のように、大きな対地容量を有するウェハーインターフェース装置やケーブル 5 1 0 などにより、この問題が顕著に現れる。

【0 0 1 7】

2 つ目の問題は、半導体ウェハー上の MOS デバイスの容量を測定する場合にウェハーインターフェース装置やケーブル 5 1 0 などの対地容量が一定でないことである。ウェハーインターフェース装置やケーブル 5 1 0 などは、被測定物や使用者に依り多くの種類が存在する。したがって、ウェハーインターフェース装置やケーブル 5 1 0 などの対地容量が一定しない。ウェハーインターフェース装置やケーブル 5 1 0 などの対地容量が一定しなければ、対地容量が測定結果に及

ばす影響を設計により抑えることは極めて困難である。

【0 0 1 8】

近年、半導体の微細加工技術は著しい進歩を遂げ、1枚のウェハー上に膨大な数の素子または回路が形成されている。測定対象となる素子の数が著しく増加する一方で、それに応じた測定時間の増加は許容されない。また、高速測定のために、測定精度を犠牲にすることも許されない。現在の半導体業界において、高速かつ高精度なインピーダンス測定の実現が極めて重要な課題となっている。

【0 0 1 9】

本発明は、上記の課題を解決するために、高速かつ高精度にインピーダンスを測定できる装置を提供することを目的とする。

【0 0 2 0】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記の目的を達成するためになされたものであって、本第一の発明は、信号源に接続される第一の端子を有する素子または回路に接続される電流電圧変換器であって、前記素子または前記回路の第二の端子に接続され、前記第二の端子を仮想接地するとともに、前記素子または前記回路に流れる電流信号を電圧信号に変換して出力する帰還増幅器と、前記帰還増幅器の帰還ループを開放し、前記帰還ループの一巡損失を測定する手段と、前記一巡損失を補償する補償増幅器と、を備えることを特徴とするものである。

【0 0 2 1】

また、本第二の発明は、インピーダンス測定装置において、被測定物の第一の端子に接続される信号源と、前記被測定物の第二の端子に接続され、前記第二の端子を仮想接地するとともに、前記被測定物に流れる電流信号を電圧信号に変換して出力する帰還増幅器と、前記帰還増幅器の帰還ループを開放し、前記帰還ループの一巡損失を測定する手段と、前記一巡損失を補償する補償増幅器と、前記第一の端子と前記第二の端子との間の電圧信号と、前記帰還増幅器の出力信号とのベクトル電圧比を測定する手段とを備え、前記ベクトル電圧比から前記被測定物のインピーダンスを測定する、ことを特徴とするものである。

【0 0 2 2】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を添付の図面に示す好適実施形態に基づいて説明する。本発明の第一の実施形態は、自動平衡ブリッジ法によるインピーダンス測定装置であって、その内部構成図を図 4 に示す。なお、図 1 と図 4 とにおいて、互いに等価な機能および性能を有する構成要素には、同一の参照番号が付してある。

【0 0 2 3】

図 4 において、インピーダンス測定装置 2 0 は、被測定物 1 0 0 のインピーダンスを測定するために、信号源 2 0 0 と、電流電圧変換器 8 0 0 とベクトル電圧計 4 0 0 とを備える。インピーダンス測定装置 2 0 は、プログラムを実行するコンピュータ装置 C T R L 2 （不図示）の制御により動作する。

【0 0 2 4】

被測定物 1 0 0 は、半導体ウェハー上の複数の M O S デバイスである。図示の便宜上、被測定物 1 0 0 は、1 つのみ図示し「D U T」と表示する。本実施の形態では M O S デバイスの M O S 容量を測定するので、被測定物 1 0 0 は第一の端子と第二の端子とを有するコンデンサとする。被測定物 1 0 0 は、ウェハーインターフェース装置 7 0 0 を介してインピーダンス測定装置 2 0 と接続される。ウェハーインターフェース装置 7 0 0 は、図示しないが、スイッチ・マトリックス、チャック、および、プローブカードなどを備える。図 4 において、ウェハーインターフェース装置 7 0 0 とケーブル 5 1 0 とケーブル 5 2 0 とが接続される点を、H i g h 端子と称する。また、ウェハーインターフェース装置 7 0 0 とケーブル 5 3 0 とケーブル 5 4 0 とが接続される点を、L o w 端子と称する。なお、被測定物 1 0 0 は、端子を少なくとも 2 つ有していれば良いので、トランジスタのように 3 以上の端子を有する素子または回路などであっても良い。その場合、3 以上の端子のうち 2 つが測定に用いられる。

【0 0 2 5】

信号源 2 0 0 は、ケーブル 5 1 0 およびウェハーインターフェース装置 7 0 0 を介して被測定物 1 0 0 の第一の端子に接続され、被測定物 1 0 0 に印加する測定信号を発生する信号源である。また、信号源 2 0 0 は、ケーブル 5 1 0、ケーブル 5 2 0 およびバッファ 5 5 0 を介してベクトル電圧計 4 0 0 にも接続され、

測定信号をベクトル電圧計 400 に供給する。測定信号は、単一正弦波信号とする。しかし、測定信号は、単一正弦波信号に限定されず、複数の正弦波を含む信号であっても良い。

【0026】

電流電圧変換器 800 は、被測定物 100 に流れる電流を変換して電圧信号をバッファ 560 へ出力するものである。電流電圧変換器 800 は、零位検出器 310 と、狭帯域増幅器 900 と、バッファ 320 と、レンジ抵抗器 330 とを備える。ケーブル 530、零位検出器 310、狭帯域増幅器 900、バッファ 320、レンジ抵抗器 330、および、ケーブル 540 は、負帰還ループ 810 を形成している。

【0027】

零位検出器 310 は、レンジ抵抗器 330 に流れる電流と被測定物 100 に流れる電流とを平衡させて、ケーブル 530 を介して零位検出器 310 の入力端子に流れ込む電流を零にするような信号を狭帯域増幅器 900 へ出力する。レンジ抵抗器 330 に流れる電流と被測定物 100 に流れる電流とが平衡する時、Low 端子の電圧は仮想接地される。

【0028】

ここで、図 5 を参照する。図 5 は、狭帯域増幅器 900 の内部構成を示す図である。狭帯域増幅器 900 は、位相検波器 910 と、フィルタ 920 およびフィルタ 930 と、可変利得増幅器 941 および可変利得増幅器 942 と、スイッチ 951 およびスイッチ 952 と、定電圧源 961 および定電圧源 962 と、ベクトル変調器 970 と、スイッチ 980 およびスイッチ 990 を備え、零位検出器 310 の出力信号を増幅してバッファ 320 へ出力する。

【0029】

位相検波器 910 は、混合器 911 および混合器 912 と、信号源 913 および信号源 914 とを備える。信号源 913 は、正弦波信号を発生し混合器 911 へ供給する。また、信号源 914 は、余弦波信号を発生し混合器 912 へ供給する。信号源 913 が出力する正弦波信号と信号源 914 が出力する余弦波信号は、測定信号と同一の周波数を有し、互いに直交する。従って、混合器 911 と混

合器 9 1 2 は、零位検出器 3 1 0 の出力信号を同相成分と直交成分とに直交分解して、フィルタ 9 2 0 およびフィルタ 9 3 0 へ出力する。信号源 9 1 3 の出力信号および信号源 9 1 4 の出力信号は、測定信号と同一の周波数を有し互いに直交する信号であれば良く、例えば、正弦波信号の代わりに矩形波信号であっても良い。

【0 0 3 0】

フィルタ 9 2 0 は、抵抗器 9 2 1 と増幅器 9 2 2 とコンデンサ 9 2 3 とを具備する積分器であって、混合器 9 1 1 の出力信号を積分する。また、フィルタ 9 3 0 は、抵抗器 9 3 1 と増幅器 9 3 2 とコンデンサ 9 3 3 とを具備する積分器であって、混合器 9 1 2 の出力信号を積分する。

【0 0 3 1】

可変利得増幅器 9 4 1 は、フィルタ 9 2 0 の出力信号を増幅してスイッチ 9 5 1 へ出力する。また、可変利得増幅器 9 4 2 は、フィルタ 9 3 0 の出力信号を増幅してスイッチ 9 5 2 へ出力する。可変利得増幅器 9 4 1 および可変利得増幅器 9 4 2 の利得は、同一の利得を有し、コンピュータ装置 C T R L₂ により可変される。

【0 0 3 2】

スイッチ 9 5 1 は、可変利得増幅器 9 4 1 の出力信号または定電圧源 9 6 1 の出力信号のいずれかを選択して、ベクトル変調器 9 7 0 へ出力する。また、スイッチ 9 5 2 は、可変利得増幅器 9 4 2 の出力信号または定電圧源 9 6 2 の出力信号のいずれかを選択して、ベクトル変調器 9 7 0 へ出力する。

【0 0 3 3】

ベクトル変調器 9 7 0 は、混合器 9 7 1 および混合器 9 7 2 と、信号源 9 7 3 および信号源 9 7 4 と、加算器 9 7 5 とを備える。信号源 9 7 3 は、正弦波信号を発生し混合器 9 7 1 へ供給する。また、信号源 9 7 4 は、余弦波信号を発生し混合器 9 7 2 へ供給する。信号源 9 7 3 が出力する正弦波信号と信号源 9 7 4 が出力する余弦波信号は、測定信号と同一の周波数を有し、互いに直交する。混合器 9 7 1 は、信号源 9 7 3 から出力される正弦波信号をスイッチ 9 5 1 の出力信号で変調し出力する。混合器 9 7 2 は、信号源 9 7 4 から出力される余弦波信号

をスイッチ 952 の出力信号で変調し出力する。混合器 971 から出力される電圧信号と混合器 972 から出力される電圧信号は、加算器 975 により加算され、バッファ 320 へ出力される。なお、信号源 973 の出力信号および信号源 974 の出力信号は、測定信号と同一の周波数を有し互いに直交する信号であれば良く、正弦波信号に限定されず、例えば、正弦波信号の代わりに矩形波信号であっても良い。

【0034】

スイッチ 980 は、必要に応じて、位相検波器 910 へ入力される信号をベクトル電圧計 400 へ供給する。また、スイッチ 990 は、必要に応じて、混合器 971 の出力信号をベクトル電圧計 400 へ供給する。

【0035】

再び、図 4 を参照する。ベクトル電圧計 400 は、バッファ 550 の出力信号 E_{dut} およびバッファ 560 の出力信号 E_{rr} をそれぞれ測定する。制御装置 $CTRL_2$ は、測定された信号 E_{dut} と信号 E_{rr} とのベクトル比を計算し、さらに、計算したベクトル比とレンジ抵抗器 330 の抵抗値とから被測定物 100 のインピーダンスを算出する。図示しないが、レンジ抵抗器 330 は、抵抗値の異なる複数の抵抗器から構成されており、測定しようとする被測定物 100 のインピーダンスに応じて、それらの抵抗器が適宜選択される。これにより、インピーダンス測定装置 20 は、広範囲のインピーダンス値を測定することができる。

【0036】

次に、インピーダンス測定装置 20 の動作手順を以下に説明する。前述の通り、インピーダンス測定装置 20 は、プログラムを実行するコンピュータ装置 $CTRL_2$ の制御により動作する。従って、以下の動作手順は、コンピュータ装置 $CTRL_2$ が実行するプログラムの流れを説明するものでもある。ここで、インピーダンス測定装置 20 の動作手順を示すフローチャートを図 6 に示す。

【0037】

まず、ステップ 10 において、インピーダンス測定装置 20 は、装置全体の初期化を行う。例えば、装置内の電圧オフセット調整などが行われる。

【0 0 3 8】

次に、ステップ 2 0 において、負帰還ループ 8 1 0 を開放し、負帰還ループの一巡損失および一巡位相推移を測定するための調整用信号を出力し、その調整用信号（原信号）を測定する。なお、一巡損失および一巡位相推移は、一巡伝達関数の損失および位相である。具体的には、信号源 2 0 0 の出力信号を零または直流信号にし、スイッチ 9 5 1 およびスイッチ 9 5 2 を A 側にして、定電圧源 9 6 1 と混合器 9 7 1 を、定電圧源 9 6 2 と混合器 9 7 2 を、それぞれ導通させる。信号源 2 0 0 を零または直流信号にすると、H i g h 端子は接地される。信号源 9 7 3 から正弦波信号を出力し、信号源 9 7 4 の出力は零にするか直流信号を出力させる。この設定状態における混合器 9 7 1 の出力信号を調整用信号として用いる。さらに、スイッチ 9 9 0 をオンにし、ベクトル電圧計 4 0 0 で調整用信号のベクトル電圧を測定する。

【0 0 3 9】

次に、ステップ 3 0 において、負帰還ループ 8 1 0 を開放したまま、負帰還ループの一巡した調整用信号を測定する。具体的には、スイッチ 9 9 0 をオフにし、スイッチ 9 8 0 をオンにする。そして、ベクトル電圧計 4 0 0 で負帰還ループの一巡した調整用信号のベクトル電圧を測定する。

【0 0 4 0】

次に、ステップ 4 0 において、一巡損失と一巡位相推移を計算し、一巡損失を補償し、一巡位相推移を所定値になるよう制御する。具体的には、ステップ 2 0 において測定したベクトル電圧値とステップ 3 0 において測定したベクトル電圧値とを比較する事により、ベクトル電圧の大きさの比と位相角の差とを求める。ベクトル電圧の大きさの比が一巡損失であり、位相角の差が一巡位相推移である。一巡損失を補償するために、可変利得増幅器 9 4 1 および可変利得増幅器 9 4 2 の利得をさらに一巡損失の逆数倍に設定する。また、一巡位相推移を所定値になるよう制御するために、信号源 9 1 3 の出力信号と信号源 9 1 4 の出力信号の位相を制御する。電流電圧変換器 8 0 0 は、一巡位相推移が 180° である時、最も早く整定する。言い換えれば、測定開始までの時間が短縮される。従って、一巡位相推移から 180° を引いた値が ϕ となるように、信号源 9 1 3 の出力信

号の位相と信号源 914 の出力信号の位相を制御する。上記のように一巡損失の補償と一巡位相推移の制御を施すことにより、電流電圧変換器 800 は、接続される被測定物 100 のインピーダンスやウェハーインターフェース装置 700 の対地容量、ケーブル 510 などの総対地容量、および、測定信号の周波数に依らず、整定時間を均一にし、かつ、全体的に短くすることができる。なお、一巡位相推移の制御は、信号源 973 の出力信号の位相と信号源 974 の出力信号の位相を制御して行うようにしても構わない。

【0041】

次に、ステップ 50 において、負帰還ループ 810 を閉じ、被測定物 100 のインピーダンスを測定する。具体的には、スイッチ 951 およびスイッチ 952 を T 側にして、可変利得増幅器 941 と混合器 971 を、可変利得増幅器 942 と混合器 972 を、それぞれ導通させる。信号源 974 から余弦波信号を出力させる。スイッチ 980 およびスイッチ 990 は、ともにオフにする。ベクトル電圧計 400 によりバッファ 550 の出力信号 E_{dut} およびバッファ 560 の出力信号 E_{rr} をそれぞれ測定する。さらに、制御装置 $CTRL_2$ により、測定された信号 E_{dut} と信号 E_{rr} とのベクトル比を計算し、計算したベクトル比とレンジ抵抗器 330 の抵抗値とから被測定物 100 のインピーダンスを算出する。

【0042】

次に、ステップ 60 において、算出したインピーダンスを表示画面（不図示）に、または、インピーダンス測定装置 20 に接続されたプリンタ（不図示）などに出力する。

【0043】

以上説明した本発明の実施の形態は、特許請求の範囲に記載した本発明の説明のための一実施形態にすぎず、特許請求の範囲で示した権利範囲内において種々の変形を行うことができることは、当業者にとって明らかである。最後に、本発明の広汎な応用の可能性に鑑み、本発明の実施態様の幾つかを以下に示す。

【0044】

（実施態様 1）

信号源に接続される第一の端子を有する素子または回路に接続される電流電圧変換器であって、

前記素子または前記回路の第二の端子に接続され、前記第二の端子を仮想接地するとともに、前記素子または前記回路に流れる電流信号を電圧信号に変換して出力する帰還増幅器と、

前記帰還増幅器の帰還ループを開放し、前記帰還ループの一巡損失を測定する手段と、

前記一巡損失を補償する補償増幅器と、
を備えることを特徴とする電流電圧変換器。

【0 0 4 5】

(実施態様 2)

さらに、前記帰還ループの開放時に、前記帰還ループの一巡位相推移を測定する手段と、

前記一巡位相推移を所定値になるよう制御する制御手段と、
を備えることを特徴とする実施態様 1 に記載の電流電圧変換器。

【0 0 4 6】

(実施態様 3)

前記帰還ループを開放する時または前記帰還ループの一巡損失を測定する時、前記信号源の出力を零または直流信号となるように制御することを特徴とする実施態様 1 または実施態様 2 に記載の電流電圧変換器。

【0 0 4 7】

(実施態様 4)

前記帰還増幅器は、変調形の狭帯域増幅器を備え、
前記狭帯域増幅器は、位相検波器とフィルタとベクトル変調器とを具備する、
ことを特徴とする実施態様 1 乃至 3 のいずれかに記載の電流電圧変換器。

【0 0 4 8】

(実施態様 5)

前記補償増幅器は、前記位相検波器と前記ベクトル変調器との間に備えられる

ことを特徴とする実施態様 4 に記載の電流電圧変換器。

【0 0 4 9】

(実施態様 6)

前記制御手段は、前記位相検波器に印加される信号と前記ベクトル変調器に印加される信号との位相差を制御する、

ことを特徴とする実施態様 4 または実施態様 5 に記載の電流電圧変換器。

【0 0 5 0】

(実施態様 7)

前記帰還ループの開放は、前記位相検波器と前記ベクトル変調器との間を開放して行われる、

ことを特徴とする実施態様 4 乃至 6 のいずれかに記載の電流電圧変換器。

【0 0 5 1】

(実施態様 8)

前記帰還増幅器は、零位検出器と帰還回路とをさらに備え、
前記零位検出器は、前記第二の端子に接続され、入力される電流信号を零位検出器により電圧信号に変換し、
前記狭帯域増幅器は、前記変換された電圧信号を前記位相検波器により同相成分と直交成分に分解し、前記同相成分と前記直交成分をそれぞれ前記フィルタにより濾波し、前記濾波された同相成分と前記濾波された直交成分を前記ベクトル変調器でベクトル変調して、ベクトル電圧信号を出力し、

前記帰還回路は、前記ベクトル信号を前記零位検出器へ入力する、

ことを特徴とする実施態様 4 乃至 7 のいずれかに記載の電流電圧変換器。

【0 0 5 2】

(実施態様 9)

前記素子または前記回路は、容量性素子または容量性回路である、

ことを特徴とする実施態様 1 乃至 8 のいずれかに記載の電流電圧変換器。

【0 0 5 3】

(実施態様 1 0)

被測定物の第一の端子に接続される信号源と、

前記被測定物の第二の端子に接続され、前記第二の端子を仮想接地するとともに、前記被測定物に流れる電流信号を電圧信号に変換して出力する帰還増幅器と

、
前記帰還増幅器の帰還ループを開放し、前記帰還ループの一巡損失を測定する手段と、

前記一巡損失を補償する補償増幅器と、

前記第一の端子と前記第二の端子との間の電圧信号と、前記帰還増幅器の出力信号とのベクトル電圧比を測定する手段を備え、

前記ベクトル電圧比から前記被測定物のインピーダンスを測定する、

ことを特徴とするインピーダンス測定装置。

【 0 0 5 4 】

(実施態様 1 1)

さらに、前記帰還ループの開放時に前記帰還ループの一巡位相推移を測定する手段と、

前記一巡位相推移を所定値になるよう制御する制御手段と、

を備えることを特徴とする実施態様 1 0 に記載のインピーダンス測定装置。

【 0 0 5 5 】

(実施態様 1 2)

前記帰還ループの一巡損失を測定する時または前記帰還ループを開放する時、前記信号源の出力を零または直流信号となるように制御することを特徴とする実施態様 1 0 または実施態様 1 1 に記載のインピーダンス測定装置。

【 0 0 5 6 】

(実施態様 1 3)

前記帰還増幅器は、変調形の狭帯域増幅器を備え、

前記狭帯域増幅器は、位相検波器とフィルタとベクトル変調器とを具備する、

ことを特徴とする実施態様 1 0 乃至 1 2 のいずれかに記載のインピーダンス測定装置。

【 0 0 5 7 】

(実施態様 1 4)

前記補償増幅器は、前記位相検波器と前記ベクトル変調器との間に備えられる

ことを特徴とする実施態様 1 3 に記載のインピーダンス測定装置。

【 0 0 5 8 】

(実施態様 1 5)

前記制御手段は、前記位相検波器に印加される信号と前記ベクトル変調器に印加される信号との位相差を制御する、

ことを特徴とする実施態様 1 3 または実施態様 1 4 に記載のインピーダンス測定装置。

【 0 0 5 9 】

(実施態様 1 6)

前記帰還ループの開放は、前記位相検波器と前記ベクトル変調器との間を開放して行われる、

ことを特徴とする実施態様 1 3 乃至 1 5 のいずれかに記載のインピーダンス測定装置。

【 0 0 6 0 】

(実施態様 1 7)

前記帰還増幅器は、零位検出器と帰還回路とをさらに備え、

前記零位検出器は、前記第二の端子に接続され、入力される電流信号を零位検出器により電圧信号に変換し、

前記狭帯域増幅器は、前記変換された電圧信号を前記位相検波器により同相成分と直交成分に分解し、前記同相成分と前記直交成分をそれぞれ前記フィルタにより濾波し、前記濾波された同相成分と前記濾波された直交成分を前記ベクトル変調器でベクトル変調して、ベクトル電圧信号を出力し、

前記帰還回路は、前記ベクトル信号を前記零位検出器へ入力する、

ことを特徴とする実施態様 1 3 乃至 1 6 のいずれかに記載のインピーダンス測定装置。

【 0 0 6 1 】

(実施態様 1 8)

前記被測定物は、容量性素子または容量性回路である、
ことを特徴とする実施態様 1 0 乃至 1 7 のいずれかに記載のインピーダンス測定装置。

【0 0 6 2】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、信号源に接続される第一の端子を有する素子または回路に接続される電流電圧変換器において、前記素子または前記回路の第二の端子に接続され、前記第二の端子を仮想接地するとともに、前記素子または前記回路に流れる電流信号を電圧信号に変換して出力する帰還増幅器と、前記帰還増幅器の帰還ループを開放し、前記帰還ループの一巡損失を測定する手段と、前記一巡損失を補償する補償増幅器とを備えるようにしたので、前記帰還ループの整定時間が短縮される。

【0 0 6 3】

また、前記帰還ループの開放時に前記帰還ループの一巡位相推移を測定する手段と、前記一巡位相推移を所定値になるよう制御する制御手段とを備えるようにしたので、前記帰還ループの整定時間がさらに短縮される。

【0 0 6 4】

上記の電流電圧変換器を備えるインピーダンス測定装置についても、前記帰還ループの整定時間を短縮する効果が同様に得られる。すなわち、インピーダンス測定装置において、被測定物の第一の端子に接続される信号源と、前記被測定物の第二の端子に接続され、前記第二の端子を仮想接地するとともに、前記被測定物に流れる電流信号を電圧信号に変換して出力する帰還増幅器と、前記帰還増幅器の帰還ループを開放し、前記帰還ループの一巡損失を測定する手段と、前記一巡損失を補償する補償増幅器と、前記第一の端子と前記第二の端子との間の電圧信号と、前記帰還増幅器の出力信号とのベクトル電圧比を測定する手段とを備え、前記ベクトル電圧比から前記被測定物のインピーダンスを測定するようにしたので、前記帰還ループの整定時間が短縮され、高速に測定することができる。

【0 0 6 5】

また、ベクトル測定装置において、前記帰還ループの開放時に前記帰還ループ

の一巡位相推移を測定する手段と、前記一巡位相推移を所定値になるよう制御する制御手段と、を備えるようにしたので、前記帰還ループの整定時間がさらに短縮され、測定が一層高速になる。

【0066】

例えば、被測定物が10 pF程度のコンデンサ、ウェハーインターフェース装置の対地容量が1000 pF以上あって、100 kHzの測定信号で被測定物のインピーダンスを測定する場合、本発明のインピーダンス測定装置の測定時間は、従来に比べて3倍以上に高速化された。

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来技術によるインピーダンス測定装置の内部構成を示す図である。

【図2】 従来技術によるインピーダンス測定装置に具備される狭帯域増幅器の内部構成を示す図である。

【図3】 ウェハーインターフェース装置が付加された従来技術によるインピーダンス測定装置を示す図である。

【図4】 本発明のインピーダンス測定装置の内部構成を示す図である。

【図5】 本発明のインピーダンス測定装置に具備される狭帯域増幅器の内部構成を示す図である。

【図6】 本発明のインピーダンス測定装置の動作を示すフローチャートである。

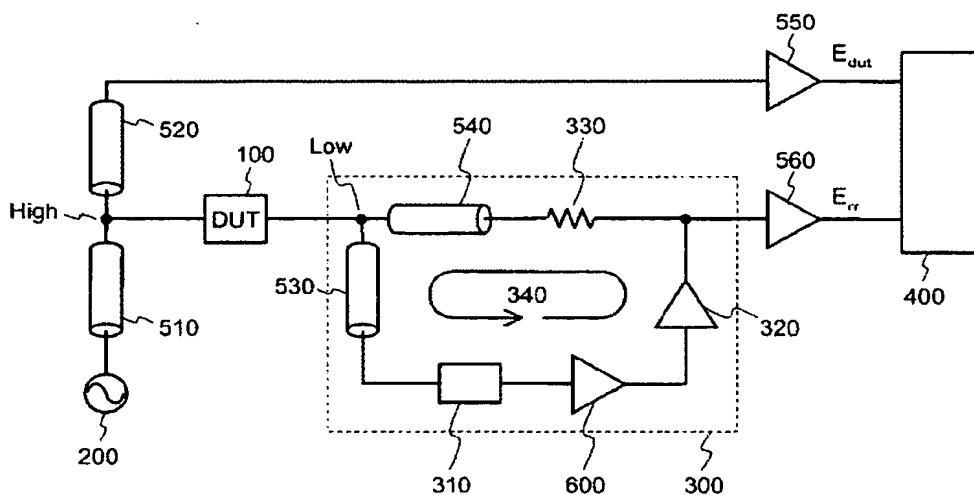
【符号の説明】

- 20 インピーダンス測定装置
- 100 被測定物
- 200 信号源
- 310 零位検出器
- 320, 550, 560 バッファ
- 330 レンジ抵抗器
- 400 ベクトル電圧計
- 510, 520, 530, 540 ケーブル

7 0 0 ウェハーインターフェース装置
8 0 0 電流電圧変換器
9 0 0 狭帯域増幅器
9 1 0 位相検波器
9 1 1, 9 1 2, 9 7 1, 9 7 2 混合器
9 1 3, 9 1 4, 9 7 3, 9 7 4 信号源
9 2 0, 9 3 0 フィルタ
9 4 1, 9 4 2 可変利得増幅器
9 5 1, 9 5 2, 9 8 0, 9 9 0 スイッチ
9 6 1, 9 6 2 定電圧源
9 7 0 ベクトル変調器
9 7 5 加算器

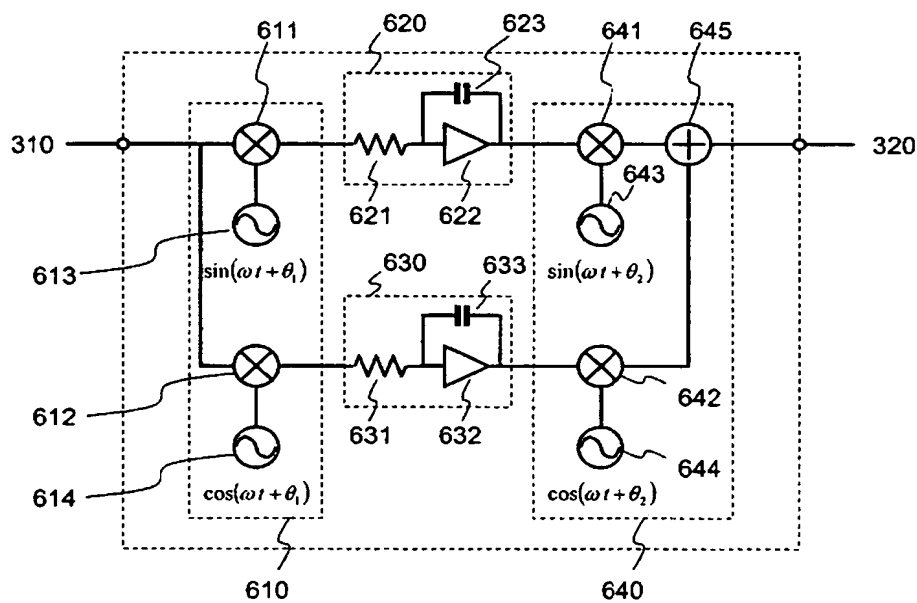
【書類名】 図面

【図 1】

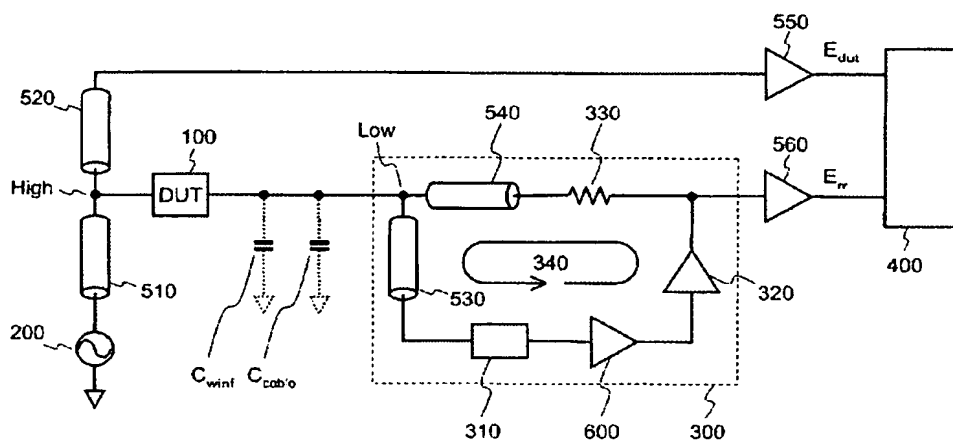


10

【図 2】

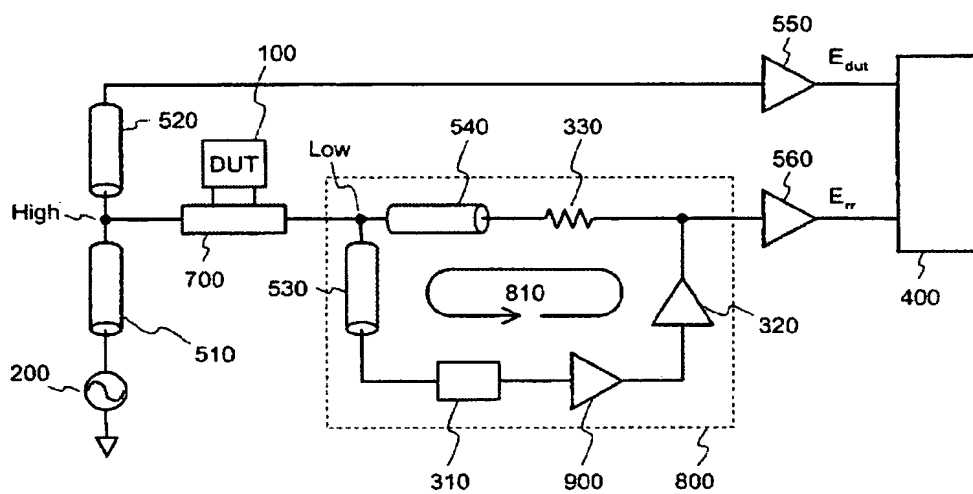


【図 3】



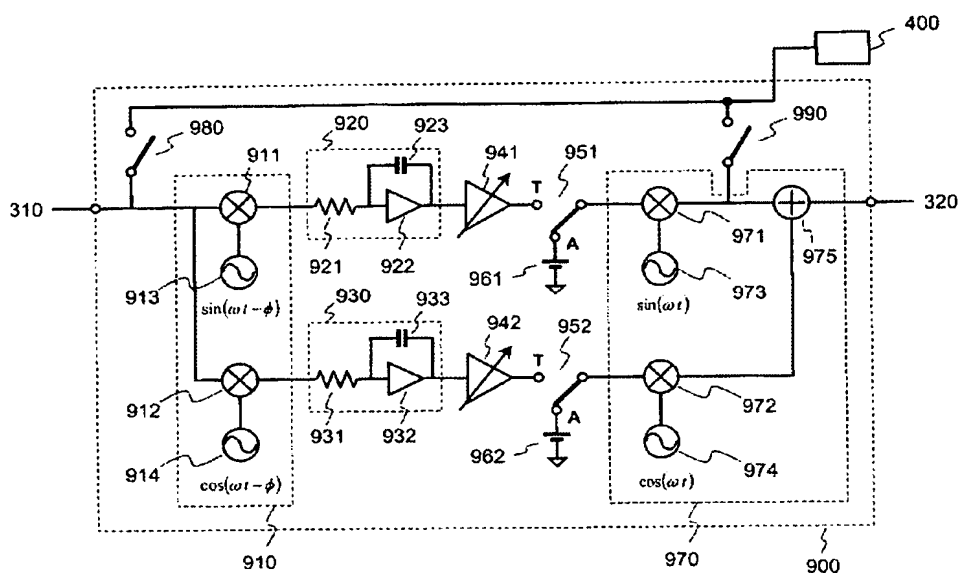
10

【圖 4】

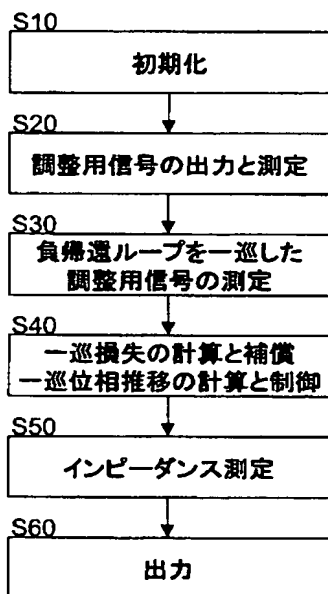


20

【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書**【課題】 高速測定可能なインピーダンス測定装置の提供**

【解決手段】 インピーダンス測定装置において、信号源に接続される第一の端子を有する素子または回路に接続される電流電圧変換器であって、前記素子または前記回路の第二の端子に接続され、前記第二の端子を仮想接地するとともに、前記素子または前記回路に流れる電流信号を電圧信号に変換して出力する帰還増幅器と、前記帰還増幅器の帰還ループを開放し、前記帰還ループの一巡損失を測定する手段と、前記一巡損失を補償する補償増幅器とを具備する電流電圧変換器を備えるようにした。さらに、前記帰還ループの開放時に前記帰還ループの一巡位相推移を測定する手段と、前記一巡位相推移を所定値になるよう制御する制御手段と、備えるようにした。

【選択図】 図 4

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 1 1 3 7 3 3
受付番号	5 0 3 0 0 6 4 4 5 2 3
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 5 年 4 月 2 1 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 4月18日
-------	-------------

次頁無

【書類名】 出願人名義変更届
【あて先】 特許庁長官殿
【事件の表示】
 【出願番号】 特願2003-113733
【承継人】
 【識別番号】 399117121
 【氏名又は名称】 アジレント・テクノロジーズ・インク
【承継人代理人】
 【識別番号】 100105913
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 加藤 公久
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 086680
 【納付金額】 4,200円
【提出物件の目録】
 【包括委任状番号】 9911735
 【物件名】 譲渡証書 1
 【援用の表示】 平成16年2月17日付提出の特許願2001-235640号
 についての手続補足書
 【物件名】 譲渡証書及び訳文 1
 【援用の表示】 平成16年2月17日付提出の特許願2001-235640号
 についての手続補足書

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-113733
受付番号	50400252330
書類名	出願人名義変更届
担当官	新井 裕善 7660
作成日	平成16年 4月22日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成16年 2月17日

【承継人】

【識別番号】 399117121

【住所又は居所】 アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト ページ・ミル・ロード 395

【氏名又は名称】 アジレント・テクノロジー・インク

【承継人代理人】 申請人

【識別番号】 100105913

【住所又は居所】 東京都八王子市高倉町9番1号 アジレント・テクノロジー株式会社 法務知的財産部

【氏名又は名称】 加藤 公久

特願 2 0 0 3 - 1 1 3 7 3 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 1 2 1 9 1 4]

1. 変更年月日	1 9 9 9 年 1 1 月 1 日
[変更理由]	名称変更
住 所	東京都八王子市高倉町 9 番 1 号
氏 名	アジレント・テクノロジー株式会社

特願 2 0 0 3 - 1 1 3 7 3 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [3 9 9 1 1 7 1 2 1]

1. 変更年月日 1 9 9 9 年 1 0 月 1 3 日

[変更理由] 新規登録

住 所 アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト ページ・ミル・
ロード 3 9 5

氏 名 アジレント・テクノロジーズ・インク